



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF STEEL AND TIMBER STRUCTURES

ČTYŘLODNÍ PRŮMYSLOVÁ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

FOUR-BAY INDUSTRIAL HALL WITH OVERHEAD CRANES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN KOLDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL JANDERA, Ph.D.

PRAHA 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kolda Jméno: Martin Osobní číslo: 379959
Zadávací katedra: Katedra ocelových konstrukcí, K134
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Čtyřlodi průmyslová hala s mostovými jeřáby

Název diplomové práce anglicky: Four-bay industrial hall with overhead cranes

Pokyny pro vypracování:

Návrh ocelové konstrukce haly včetně nosníku jeřábové dráhy. Návrh typických detailů. Výkresová dokumentace (dizpoziční výkresy, detaily). Technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Návrh konstrukce bude proveden podle platných evropských norem, zejména EN 1991, EN 1993.

Jméno vedoucího diplomové práce: Michal Jandera

Datum zadání diplomové práce: 24.2.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2017

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

24.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Čtyřlodní průmyslová hala s mostovými jeřáby** zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 21.5.2017

.....
Martin Kolda

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Michalu Jandrovi za odborné vedení této práce, připomínky, cenné rady a velmi vstřícný přístup.

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je statický návrh ocelové čtyřlodní haly. Hala je tvořena rámovou konstrukcí s rozpětím 22,5m. Má obdélníkový tvar a sedlové střechy. V každé ze čtyř lodí haly je umístěn mostový jeřáb s nosností 10t. Návrh jeřábového nosníku je rovněž předmětem této práce.

Diplomová práce obsahuje technickou zprávu, statický výpočet a výkresy konstrukce i s odpovídajícími detaily. Návrh je proveden dle platných norem ČSN EN.

Klíčová slova

Ocelová konstrukce, průmyslová hala, rámová konstrukce, mostový jeřáb, svařované spoje, šroubované spoje, statický výpočet, normy ČSN EN,

Abstract

The focus of this master thesis is a structural design of a steel 4-bay hall. The hall is a frame structure with span length of 22,5m. It has a rectangular shape and a saddle roof. In every one of the four bays, there is an overhead crane with 10t load capacity. The design of the crane beams is also carried out.

This master thesis contains technical report, structural design calculation and drawings of the structure and appropriate details. The design is done according to valid ČSN EN standards.

Keywords

Steel structure, industrial hall, frame structure, overhead crane, welded connections, bolted connections, structural design, Eurocode standards

Podklady a literatura

- [1] ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [2] ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- [3] ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [4] ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [5] ČSN EN 1993-1-5: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-5: Plated structural elements
- [6] ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků
- [7] ČSN EN 1993-1-9: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-9: Únava
- [8] ČSN EN 1991-3: Eurocode 1: Actions on structures – Part 3: Actions induced by cranes and machinery
- [9] ČSN EN 1993-6: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy
- [10] Kolda, Martin. *Oblouková sportovní hala*. Praha, 2015. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta stavební. Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Jandera
- [11] STUDNIČKA, Jiří a kol. *Ocelové konstrukce 2, Zatížení*. Praha, 2011. České vysoké učení technické v Praze
- [12] VRANÝ, Tomáš a kol. *Ocelové konstrukce, Tabulky*. Praha, 2009. České vysoké učení technické v Praze
- [13] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce, Normy*. Praha, 2009. České vysoké učení technické v Praze
- [14] VRANÝ, Tomáš a kol. *Ocelové konstrukce 2, Cvičení*. Praha, 2005. České vysoké učení technické v Praze
- [15] HUGHES A., ILES D., MALIK A. *Design of steel beams in torsion*, Berkshire, UK, 2011. SCI
- [16] VRANÝ, Tomáš a kol. *Ocelové konstrukce 20, Pomůcka pro navrhování hal*. Praha, 2002. České vysoké učení technické v Praze
- [17] LEHAR, František a kol. *Detaily a dílce ocelových konstrukcí průmyslových budov*, Praha, 1969. Nakladatelství technické literatury



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF STEEL AND TIMBER STRUCTURES

ČTYŘLODNÍ PRŮMYSLOVÁ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

FOUR-BAY INDUSTRIAL HALL WITH OVERHEAD CRANES

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN KOLDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL JANDERA, Ph.D.

PRAHA 2017

Obsah

Technická zpráva	1
1. Úvod	1
2. Použité normy a předpisy	1
3. Základní identifikační údaje	1
Stavba	1
Základní údaje o stavbě	1
4. Popis konstrukčního řešení	2
Jeřáb	2
Příčle rámu	2
Sloupy rámu	2
Táhlo	3
Ztužidla	3
Obvodový plášť	3
Štítová konstrukce	3
Základy	3
5. Předpoklady návrhu nosné konstrukce	4
6. Zatížení	4
Stálá zatížení – charakteristické hodnoty	4
Proměnná zatížení – charakteristické hodnoty	4
7. Ochrana proti korozi	5
8. Ochrana proti požáru	5
9. Materiály	5
10. Výroba a montáž	5
11. Geologické podmínky	6
12. Hmotnost konstrukce	6
13. Použité programy	6

Technická zpráva

1. Úvod

Tato zpráva je součástí projektové dokumentace nosné konstrukce čtyřlodní průmyslové haly v Praze. Popisuje konstrukční řešení daného objektu a specifikuje požadavky kladené na tuto konstrukci.

2. Použité normy a předpisy

ČSN-EN-1991-1-1 „Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení“

ČSN-EN-1991-1-3 „Zatížení konstrukcí Zatížení sněhem“

ČSN-EN-1991-1-4 „Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem“

ČSN-EN-1991-3 „Actions on structures – Actions induced by cranes and machinery“

ČSN-EN-1993-1-1 „Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby“

ČSN-EN-1993-1-5 „Design of steel structures – Plated structural elements“

ČSN-EN-1993-1-8 „Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků“

ČSN-EN-1993-1-9 „Navrhování ocelových konstrukcí – Únava“

ČSN-EN-1993-6 „Navrhování ocelových konstrukcí – Jeřábové dráhy“

3. Základní identifikační údaje

Stavba

Název stavby: Průmyslová hala

Kraj: Praha

Základní údaje o stavbě

- Zastavěná plocha objektu:	6750m ²
- Délka objektu:	90m
- Šířka objektu:	75m
- Výška objektu:	11m

4. Popis konstrukčního řešení

Průmyslová hala má celkem čtyři identické lodě. Každá z nich má rozpětí 22,5m. V příčném směru jsou rovinné rámy, které jsou tvořeny sloupy a příčlemi. Rohy rámu jsou spojeny předepnutým táhlem. Příčné vazby jsou od sebe vzdáleny 7,5 m. Nosnou funkci střešního pláště zajišťuje trapézový plech. Konstrukce střechy je bezvaznicová, takže plech je položen v podélném směru přímo na příčle rámové vazby. V každé lodi se nachází mostový jeřáb s nosností 10 t na rozpětí 21 m. Technické údaje pro návrh jeřábu jsou převzaty z podkladů firmy FERRO OK. Ztužení haly v podélném směru zajišťují příhradová ztužidla.

Jeřáb

V každé z lodí haly je jeden mostový jeřáb jednonosníkového typu JD. Nosnost jeřábu je 10 t na rozpětí 21 m. Rozvor kol příčniku je 4 m. Jeřáb jezdí po kolejnicích JKL 55 které jsou přišroubovány na nosníky jeřábové dráhy HEA 400, které staticky působí jako prostý nosník. Na koncích drah jsou navrženy pružinové nárazníky. Jeřáby jsou vybaveny elektrickými lanovými kladkostroji a převodovkami s motory NORD. Jeřáby umožňují dvourychlostní pohyb ve všech směrech (zdvih, pojezd kladkostroje, pojezd mostu). Jeřábové nosníky jsou přišroubovány na krátké konzoly z profilů HEA 300. Pomocí oválných děr pro šrouby a přídavných plechů tloušťky 1-5 mm je umožněna rektifikace jeřábové dráhy ve všech třech směrech.

Příčle rámu

Příčle jsou tvořeny nosníky HEA 500. Ve vrcholu jsou spojeny tuhým šroubovaným spojem pomocí čelních desek a přivařených náběhů. Připojení na sloupy je zajištěno čelními deskami a náběhy délky 1700 mm. V rámovém rohu je nutné použít šrouby vyšší pevnosti (10.9) než ve zbytku konstrukce. Náběhy jsou z profilů HEA 500 a na příčle jsou připojeny svařem. Ve čtvrtinách rozpětí je příčel příčně zajištěna pomocí trubek, které omezují klopení (trubky stejné jako svislice ztužidla).

Sloupy rámu

Sloupy jsou tvořeny profily HEB 650. Ve vrcholu jsou opatřeny výztuhami z plechu tloušťky 15 či 20 mm. V místě, kde je přivařena konzola pro jeřáb jsou rovněž použity výztuhy tloušťky 15 mm.

Táhlo

Rámy jsou ztuženy pomocí táhel Pfeifer o průměru 80 mm. Táhla příznivě ovlivňují velikost ohybových momentů v příčli, ale hlavní důvod jejich použití spočívá ve zmenšení vodorovných deformací rámu. Táhla se předepnou silou o velikosti 40kN.

Ztužidla

Příhradová ztužidla ve střešní rovině jsou celkem ve třech sestavách, a to na koncích a uprostřed haly. Diagonály jsou navrženy jako tažené pruty z tyčí průměru 18 mm, jejichž pevnost (S235) je nižší než ve zbytku konstrukce. Svislice ztužidla jsou z trubek. V úžlabí haly jsou profily TR 140x4,5. Ostatní svislice jsou z profilů TR 102x4.

Stěnová ztužidla jsou rovněž ve třech sestavách a navazují tak na ztužidla střešní. Zajišťují přenos sil od větru (oblast nad jeřábovou dráhou) a od zrychlení jeřábu (oblast pod jeřábovou dráhou). Všechny pruty ztužidla jsou z trubek různého průměru.

Obvodový plášť

Střešní plášť je tvořen trapézovým plechem TR 200/420/1,25 pozitivně uloženým jako prostý nosník na pásnice příčlí. Střešní plášť nijak nebrání vybočení příčle v tlaku.

Opláštění stěn je provedeno kazetovými stěnami Ruuki K 150/600 tloušťky 1 mm. Kazety jsou navrženy na rozpětí 7,5m.

Štítová konstrukce

Ve štítu konstrukce jsou použity sloupky z profilů IPE 360. Na příčle jsou předsazeny a díky oválným dírám nepřenáší tlakové zatížení. Příčel se tak může volně prohnut a sloupky přenáší pouze zatížení větrem. V rozích haly jsou použity profily UPE360.

Základy

Všechny sloupy rámových vazeb mají vetknuté patky. Patní plech má tloušťku 25 mm. Na něj jsou přivařeny výztuhy z profilů U 260. Místo příčníků jsou v patce použity příčné výztužné plechy. Kotvy jsou z kruhových tyčí průměru 40 mm z oceli vyšší pevnosti S460. Na kotvy je z obou stran vyřezán závit M36. Při montáži se musí dodržet tolerance kotev +/- 30 mm.

Kotvy jsou v betonovém základu zajištěny ocelovým plechem tloušťky 10 mm, ke kterému jsou z obou stran připevněny maticemi M36.

Štítové sloupky jsou kotveny patním plechem tloušťky 15 mm a čtyřmi mechanickými kotvami Fischer FAZ.

5. Předpoklady návrhu nosné konstrukce

Statické posouzení objektu je provedeno na:

- Mezní stav únosnosti při nejnepříznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení
- Mezní stav použitelnosti při nejnepříznivější z kombinací charakteristických hodnot zatížení

Návrh na oba mezní stavy splňuje požadavky uvedené v ČSN-EN-1993-1-1 „Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby“

6. Zatížení

Zatížení ocelové konstrukce bylo stanoveno v souladu s ČSN-EN-1991: Zatížení konstrukcí. Podrobná specifikace zatížení je uvedena ve statickém výpočtu.

Stálá zatížení – charakteristické hodnoty

- Vlastní tíha konstrukce: Zatížení vlastní tíhou je automaticky generováno programem RSTAB
- Zatížení obvodovým pláštěm: $0,41 \text{ kN/m}^2$

Proměnná zatížení – charakteristické hodnoty

- Zatížení sněhem: I. sněhová oblast dle ČSN-EN-1991-1-3
- Zatížení větrem: I. větrná oblast, III. kategorie terénu dle ČSN-EN-1991-1-4
- Zatížení teplotou: Rovnoměrná změna teploty $\Delta T = +25 / -15^\circ \text{ C}$. Dle ČSN EN 1991-1-5 se uvažuje teplota montáže $+15^\circ \text{ C}$. Předpokládaná maximální teplota uvnitř haly je $+40^\circ \text{ C}$ a minimální teplota 0° C . Odtud návrhové hodnoty ΔT .
- Zatížení imperfekcemi: Imperfekce pro globální analýzu dle ČSN EN 1993-1-1
- Zatížení jeřábu: Nosnost 10 t, síly dle ČSN-EN-1991-3

7. Ochrana proti korozi

Všechny prvky budou opatřeny protikorozním nátěrem podle platných norem s ohledem na třídu korozního prostředí (C2). Nátěr bude prováděn ve dvou vrstvách – základní a poté vrchní nátěr. Šrouby a trapézové plechy jsou pozinkovány.

8. Ochrana proti požáru

Posudek konstrukce na účinky požáru není součástí projektu. Případně je možné navrhnout protipožární nátěr.

9. Materiály

Všechny prvky konstrukce, jak válcované profily, tak plechy, jsou z oceli S355JR. Výjimku tvoří diagonály střešních ztužidel, které jsou z oceli S235JR. Trapézové plechy mají třídu pevnosti S320GD. Táhla M80 jsou z oceli S460. Šrouby mají jednotnou třídu pevnosti 8.8. Výjimkou jsou šrouby v rámovém rohu M20 které jsou třídy 10.9. Kotevní šrouby jsou z tyčí S460.

10. Výroba a montáž

Všechny dílenské spoje jsou svařované a budou provedeny ve výrobě. Montážní spoje, které budou provedeny na stavbě, jsou všechny šroubované. Všechny prvky musí být na stavbu dodány neporušené a nesmí mít oprýskaný základní nátěr. Nejdelší prvek měří na délku 15,4m.

Postup montáže:

- a) Vybetonování základových patek
- b) Vztyčení dvou sousedních sloupů na osách 5 a 6 a jejich ukotvení
- c) Mezi sloupy se přišroubují ztužidla
- d) Montáž protějších sloupů a jejich spojení ztužidly.
- e) Montáž příčlů a jejich vzájemné ztužení střešními ztužidly. Diagonály se předeprnou aby byl jejich svislý průhyb minimální.
- f) Připojení táhla M80. Zatím bez předeprnutí
- g) Opakují se kroky b) až f) Postupuje se z obou stran směrem k osám 1 a 11.
Pořadí, v jakém se montují jednotlivé lodě haly je nepodstatné.
- h) Montáž jeřábových nosníků a následně samotných jeřábů a jejich komponent
- i) Montáž všech sloupů ve štítové vazbě.

- j) Předepnutí táhel M80 silou 40kN. Předpínání probíhá dle podkladů výrobce
- k) Přikrytí střešním pláštěm

Určení třídy provedení:

Třída provedení se určí dle normy ČSN EN 1090-2: Technické požadavky pro ocelové konstrukce. Třída následků je zvolena jako CC2, tedy střední následky s ohledem na ztráty na životech, nebo značné následky ekonomické.

Sloupy a jeřábové nosníky: Kategorie použitelnosti – SC2, konstrukce posuzované na únavu
Výrobní kategorie – PC1, nesvařované dílce z jakékoli oceli
Třída provedení – EXC3

Příčle a ostatní dílce: Kategorie použitelnosti – SC1
Výrobní kategorie – PC2, svařované dílce z oceli S355 a vyšší
Třída provedení – EXC2

Sloup příčných vazeb rámu a jeřábové nosníky musí být provedeny dle třídy EXC3. Ostatní konstrukce vyrobit dle třídy EXC2. Třidu provedení lze alternativně zvolit dle normy ČSN EN 1993-1-1, příloha C. Zde pro dílce namáhané únavou (sloupy, jeřábové nosníky) vychází třída EXC3 a pro ostatní konstrukce EXC2. Třída provedení je tedy stejná jako podle ČSN EN 1090-2.

11. Geologické podmínky

Geologické podmínky pro vypracování projektu nebyly známy, řešení spodní stavby není součástí tohoto projektu.

12. Hmotnost konstrukce

Vypočítána programem Advance steel. Celková hmotnost konstrukce bez opláštění a jeřábů je 486,2 t, což je přibližně 72 kg/m².

13. Použité programy

- Dlubal RSTAB 8 a modul STEEL EC3
- PTC Mathcad 15
- Scia design forms
- Autodesk Autocad
- Autodesk Advance steel
- Microsoft Excel 2010
- Microsoft Word 2010
- Adobe acrobat DC
- Ctcm LTBeam a LTBeamN